Aus der Orthopädischen Provinzial-Kinderheilanstalt in Süchteln.
Direktor: Dr. med. L. Roeren.

Röntgenologische Untersuchungen über Umformungen im Knochenbau bei Fußarthrodesen nach temporärer Talusexstirpation.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn.

Vorgelegt am 16. November 1936

von

Herbert Voss

aus Bonn.

Bonn 1937 / Buchdruckerei H. Trapp, Stiftsgasse 11.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Bonn.

Referent: Professor Dr. Freiherr von Redwitz.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meiner lieben Mutter

in Dankbarkeit.

Gegenstand dieser Arbeit ist es, an Hand von Röntgenbildern Veränderungen in den Knochenstrukturen des Fußes nach temporärer Talusexstirpation festzustellen. Ich habe 33 Röntgenbilder der nach Kochs als „gut" bezeichneten Arthrodesen untersucht und werde diejenigen Röntgenbilder beschreiben, welche die charakteristischsten Merkmale der Strukturveränderungen am deutlichsten zeigen. Hierbei handelt es sich um drei Formen:

I. Fußarthrodesen in extremer Spitzfußstellung,
II. Fußarthrodesen in mittlerer Spitzfußstellung und
III. Fußarthrodesen in Mittelstellung.

An den Arthrodesen in extremer Spitzfußstellung ist der Verlauf der Struktur ein sehr einfacher. Die Strukturen setzen sich zum größten Teil vom distalen Tibiaende in geraden Zügen zu den Stützpunkten des Fußes fort. Die Spongiosazüge verlaufen mehr oder weniger parallel der Drucksenkrechten, sodaß man den Fuß mit Ausnahme des Calcaneus als eine starre Verlängerung des Unterschenkels in Richtung seiner Längsachse ansehen kann. An der Stelle des früheren Talocruralgelenkes finden wir Verdichtungen der Corticalis. Hackenbroch sagt, daß diese Verdichtungen der Corticalis bei Fußarthrodesen überall dort zu finden seien, wo der Talus neue knöcherne Verbindungen eingeht. Nach meinen Feststellungen sind

diese Verdichtungen keineswegs immer an den genannten Stellen zu finden, sondern nur dort, wo ganz besondere Anforderungen an das Material gestellt werden. Deswegen wird die Verdichtung der Corticalis an der Stelle des früheren Talocruralgelenkes besonders auf-

Abbildung 1.

fällig. Denn hier hat der neue Knochen, bestehend aus Unterschenkel, Talus, Calcaneus und Naviculare den kleinsten Durchmesser, jedoch die größten Aufgaben. Gerade an der Stelle des früheren Talocruralgelenkes muß der Knochen gegen Kräfte, die eine Dorsal- bzw. eine noch übertriebenere Plantarflexion zu bewirken bestrebt sind, geschützt sein. Die Corticalisverdichtungen an dieser Stelle sind also auf die Funktionsanpassung zurückzuführen, sie dienen der

Sperrung des Gelenkes und sind an keiner anderen Stelle zu finden (Abbildung 1).

Einen schönen Beweis dafür gibt ein Röntgenbild einer Arthrodese in extremer Spitzfußstellung, bei der — wahrscheinlich durch Wachstumseinflüsse — der Fuß so stark plantar flektiert ist, daß die verlängerte Längsachse des Unterschenkels etwas vor den Metatarsalköpfchen liegt. Bei der Belastung dieses Fußes muß die einwirkende Kraft dauernd bestrebt sein, den Fuß noch mehr plantar zu flektieren, sodaß also bei Gebrauch des Fußes der hintere Rand des früheren Talocruralgelenkes dauernd unter Druck, der vordere Rand unter Zug steht. Das Röntgenbild zeigt, daß an dem hinteren Rande eine besonders starke Verdichtung der Corticalis besteht, am vorderen Rande dagegen keine, sondern eher eine Atrophie.

Eine weitere, besonders auffallende Struktureigentümlichkeit ist ein Spongiosabündel (Abbildung 1), das von der hinteren Corticalisverdichtung seinen Ursprung nimmt und in einem nach vorne konvexen, dem Fußgewölbe fast parallelen Bogen zur Basis der Metatarsalknochen zieht. Eine reine Stützfunktion kann diesem Spongiosabündel nicht zukommen, da eine geradlinige Spongiosa vom Unterschenkel zu den Stützpunkten eine solche Aufgabe besser erfüllen würde. Diesem beschriebenen, weitläufigen Bogen kommt eine Bedeutung bei der Gangbewegung des Fußes zu. Dadurch, daß der Unterschenkel nach hinten gezogen wird, die Metatarsalköpfchen aber als gewissermaßen am Boden fixierte Punkte eine Kraft in entgegengesetzter Richtung ausüben, wirken zwei Kraftkomponenten gegeneinander, deren Bestreben es ist, den Fuß in einem zum Fußrücken konkaven Bogen durchzubiegen, dessen Biegungsmaximum dort liegen würde,

wo die Mitte des beschriebenen Spongiosabogens liegt. Es fällt also dem Bogen die Aufgabe zu, diese Kraft zu kompensieren nach Art eines romanischen Bogens, der seine Stützpunkte in der hinteren Corticalisverdichtung einerseits und in der Basis der Metatarsalknochen anderseits findet. Wenige, feine Spongiosazüge, senkrecht zum Bogen stehend, stützen diesen während seines Verlaufes und finden ihre Gegenpunkte in der plantaren Corticalis des Calcaneus und des Naviculare.

Auf der Röntgenaufnahme, gemacht in dorsoplantarer Richtung, kann man deutlich die Verteilung der Spongiosazüge auf die Metatarsalknochen verfolgen. Schon in den distalen Teilen des Naviculare und des Cuboids schlagen die Spongiosazüge die Richtung zu den Metatarsalknochen ein, für die sie bestimmt sind. Wie von einem Gleise sich mehrere Schienenstränge abzweigen, so teilen sich auch hier die Spongiosazüge ab und streben ihrem Ziele zu. Die kräftigsten Balkenzüge laufen zum os metatarsale I, dann II und III; IV erhält nur noch wenige Bälkchen, wogegen dem os metatarsale V überhaupt keine Stützstruktur mehr zukommt, und somit seine sonst so wichtige Aufgabe verloren gegangen ist. Da das Lissfranc'sche Gelenk bei dem in extremer Spitzfußstellung ankylotischen Fuß eine von medial unten nach lateral oben verlaufende Linie bildet, so ist es leicht erklärlich, daß das os metatarsale IV nur noch ganz eben, V dagegen überhaupt nicht mehr mit der Unterstützungsfläche in Berührung kommt, wodurch seine starke Atrophie begründet ist. Vielleicht wäre es möglich, unter Berücksichtigung dieser Tatsache orthopädische Schuhe so anzufertigen, daß auch das os

metatarsale V mehr zur Unterstützung herangezogen wird.

Sogleich in die Augen fallend ist die starke Atrophie des Calcaneus, dem beim extremen Spitzfuß nur noch wenige Aufgaben zukommen. Lediglich einige feine Spongiosabälkchen, die der Unterstützung des oben beschriebenen Spongiosabogens dienen, und einige Stützen von der hinteren Verdichtung durchziehen ihn.

Arthrodesen in mittlerer Spitzfußstellung.

Hier ist der Verlauf der Strukturen komplizierter entsprechend der stärkeren Beanspruchung auf Bie-

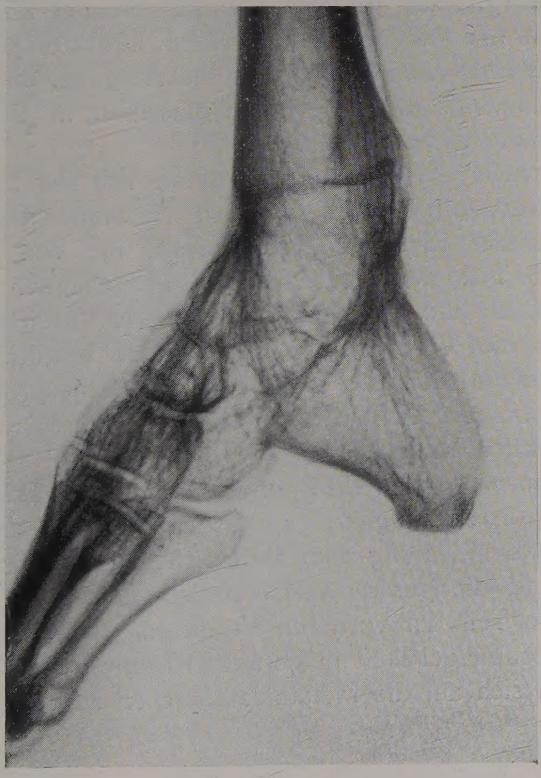

Abbildung 2.

gung (Abbildung 2). Auch hier bestehen Verdichtungen an den Stellen des früheren Talocruralgelenkes, jedoch handelt es sich hier weniger um eine Verdichtung der Corticalis, sondern um eine Verdichtung der Spongiosa. Die Verdichtungen befinden sich nahe dem vorderen und nahe dem hinteren Rande des früheren Talocruralgelenkes. Wenn am arthrodetischen Fuß in mittlerer Spitzfußstellung sich die Strukturverdichtungen auch hinten befinden, so beruht dies zum Teil darauf, daß die Ferse im orthopädischen Schuh einen Stützpunkt findet, und die hintere Verdichtung eine Abhebelung der Ferse nach oben verhindern soll. Von diesen beiden Spongiosaverdichtungen sondern sich divergierend je zwei Spongiosabündel ab. Je eins hat die Aufgabe der direkten Druckfortleitung zum Unterschenkel und je eins die Aufgabe, die Biegungsmomente abzufangen, um dieselben in direkte Druckkräfte umzuwandeln.

Jeweils die von dem vorderen Teil der Spongiosaverdichtungen ausgehenden Spongiosabündel nehmen ihre Richtung zum Vorfuß, die von dem hinteren Teil der Verdichtungen ausgehenden zur Ferse. Die vom hinteren Teil der vorderen Verdichtung und die vom vorderen Teil der hinteren Verdichtung ausgehenden Bälkchen haben einen ausgesprochen bogenförmigen Verlauf; die beiden anderen einen fast geraden Verlauf.

Zunächst sollen die Spongiosabündel beschrieben werden, deren Aufgabe es ist, den Belastungsdruck in direkter Richtung zum Unterschenkel fortzuleiten. Dies sind die gerade verlaufenden. Das von dem vorderen Teil der vorderen Verdichtung ausgehende Spongiosabündel läuft in gerader Richtung zum Vorfuß, um sich auf die Metatarsalköpfchen zu verteilen.

Daß es die Aufgabe der direkten Druckfortleitung hat, ist ebenso klar wie bei dem vom hinteren Teil der hinteren Spongiosaverdichtung ausgehenden Spongiosabündel, das in fast gerader Richtung zur Ferse, zum Tuber calcaneï zieht.

Schwieriger ist es, die Balkenzüge zu erklären, die einen gebogenen Verlauf zeigen. Eine direkte Stützfunktion kommt diesen Bälkchen sicher nicht zu, denn dann würden sie einen geradlinigen Verlauf haben; sondern ihre Aufgabe ist es, Biegungs- und Scherkräfte, auf die der Knochen nicht mit einer speziellen Struktur reagiert, und die sich daher auch nicht direkt aus den Röntgenbildern ablesen lassen, abzufangen und in Druckkräfte umzuwandeln.

Die vordere Verdichtung sei mit A, die hintere mit B bezeichnet. Verfolgen wir die von A und B bogenförmig verlaufenden Strukturbündel, so sehen wir, daß sie sich an einer Stelle, die mit C bezeichnet sein soll, schneiden. Die Spongiosabündel behalten hinter den an der Stelle C liegenden Schnittpunkten ihre Richtung bei, jedoch wird ihre Zeichnung im Röntgenbild auffallend schwächer, sie erhalten ein fast atrophisches Aussehen, ein Zeichen, daß sie von hier ab kaum noch eine Aufgabe haben. Es handelt sich auch hier wie bei dem extremen Spitzfuß um das Prinzip des romanischen Bogens. Der höchste Punkt des Bogens liegt an der Stelle C, die beiden Stützpunkte in A und B. Zwar handelt es sich hier mehr um einen Spitzbogen, der jedoch im Prinzip dieselben Aufgaben hat. Welches sind nun die Aufgaben dieses Bogens?

Da beim Spitzfuß in extremer Stellung der Belastungsdruck in gerader Linie entsprechend der Drucksenkrechten zum Unterschenkel fortgeleitet wird, ge-

nügt eine einfache Sperrung am Talocruralgelenk, so wie sie oben beschrieben ist. Da aber beim Spitzfuß in mittlerer Stellung der Belastungspunkt weit vor der Drucksenkrechten liegt, kommt es bei der Belastung der Metatarsalköpfchen zu einer Hebelwirkung, die bestrebt ist, den Fuß dorsal zu flektieren. Sieht man den ganzen Fuß als einen Hebel an, so liegt die Spitze des Bogens ungefähr dort, wo sich der Drehpunkt des Hebels befindet; denn hier sind die Hebelwirkungen am größten und damit auch die Scherkräfte. Diese werden nun von dem Bogen aufgefangen und in Druckkräfte umgewandelt, auf die der Knochen mit einer Struktur reagieren kann. Die Einwirkungen der Scherkräfte werden also im Röntgenbild sichtbar. Da die Scherkräfte sicher das Primäre sind, der Bogen dagegen eine sekundäre Erscheinung ist, kann man sagen, daß der Knochen auf Scherkräfte mit einer Struktur reagiert, die zwar auf Grund von Druckkräften entsteht, deren Vorhandensein jedoch durch Scherkräfte bedingt ist. Weil, wie gesagt, die Scherkräfte hier primär sind, ist anzunehmen, daß ein Teil der früheren Struktur, die ja auch im vollkommen atrophischen Knochen noch in Spuren vorhanden ist, die Scherkräfte abfängt, sie als Druckkräfte fortleitet, wodurch zur Anpassung ein Anreiz gegeben ist, der jetzt durch Anbau die neue zweckmäßige Struktur schafft. Durch einen Vergleich mit dem proximalen Ende des Femur läßt sich zeigen, daß es sich am proximalen Ende des Femur um analoge Verhältnisse und Strukturen handelt. Die Druckverhältnisse des Vorfußes zur Tibia einerseits und des Oberschenkelhalses zum Schaft andererseits sind im weiteren Sinne dieselben, nur mit dem Unterschied, daß am Oberschenkel der Belastungspunkt proximal

liegt, am in mittlerer Spitzfußstellung versteiften Fuß dagegen distal. Die Strukturen im Kopf lassen sich nicht mehr vergleichen, da hier immer nur ein Belastungspunkt vorhanden ist, am Fuß dagegen mehrere.

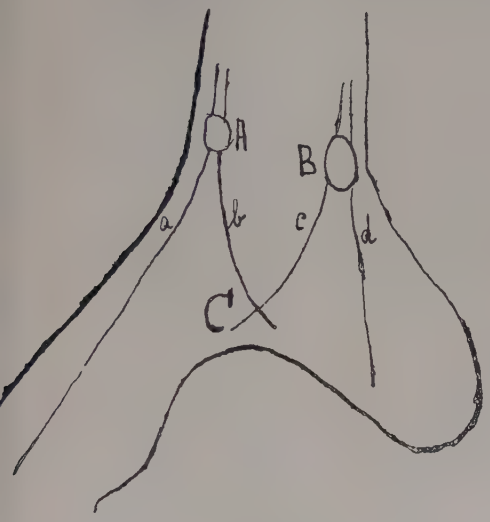

Abbildung 3
Fuß

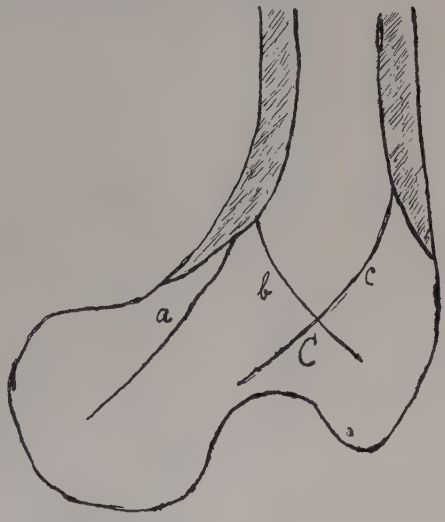

Abbildung 4
proximales Ende des Femur

In diesen chematischen Zeichnungen (Abbildung 3 und 4) sollen die Linien a, b, c und d jeweils ein Spongiosabündel darstellen. Die Punkte A und B bedeuten die beschriebenen Verdichtungen, der Punkt C den Kreuzungspunkt der Linien b und c. Die Linien a, b, c sind sowohl im Fuß als auch im proximalen Ende des Femur vorhanden. Die Linie d fehlt am Femur, da eine Belastung des Trochanters ausgeschlossen ist. Wichtig ist, daß die Linien b und c sich im Punkte C schneiden, der Spitzbogen also auch hier vorhanden ist und sicherlich dieselben Aufgaben hat, wie ich sie oben für den Spitzbogen des Fusses beschrieben habe. Denkt man sich die Linien a, b, c

im Femur nach distal fortgesetzt, so liegen die Verdichtungen A und B in der Compacta.

Die ursprüngliche Entstehung der Struktur im proximalen Femurende ist eine vererbte, denn es steht fest, daß das Grundsystem der Struktur, wenn auch in knorpeliger Anlage, schon bei der Geburt vorhanden ist, die sich dann beim Gebrauch des betreffenden Gliedes den individuellen Belastungsansprüchen anpaßt. Hier ist also die Struktur das Primäre im Gegensatz zum Fusse nach Arthrodese. Ein Röntgenbild in dorsoplantarer Richtung zeigt, daß bei Arthrodese in mittlerer Spitzfußstellung dem os metatarsale V bereits wieder eine Stützfunktion zukommt, wie sich durch das Vorhandensein schon besser ausgebildeter Struktur nachweisen läßt.

Anthrodesen in annähernder Mittelstellung.

Wenden wir uns dem in Mittelstellung versteiften Fuß zu, so bestehen zwischen diesem und dem zuletzt beschriebenen keine so krassen Gegensätze in der Anlage der Strukturen wie zwischen extremem Spitzfuß und mittlerem Spitzfuß (Abbildung 5).

Abbildung 5

Auch hier bestehen wieder vorne und hinten an den Stellen des früheren Talocruralgelenkes Spongiosa-

verdichtungen, stärker in ihrer Zeichnung im Röntgenbild und von einer größeren Breite. Diese beiden Verdichtungen kann man als Stützpunkte ansehen, auf denen sich die gesamte Tibiaspongiosa aufbaut. Bezeichnen wir diese beiden Verdichtungen wieder wie oben, die vordere mit A, die hintere mit B, so ist die Verteilung der von diesen Punkten ausgehenden Spongiosabündel dieselbe wie beim in mittlerer Spitzfußstellung versteiften Fuß. Die vom vorderen Teil der Verdichtungen ausgehenden Strukturbündel laufen in Richtung zum Vorfuß, die vom hinteren Teil der Verdichtungen ausgehenden zur Ferse. Die vom vorderen Teil von A und vom hinteren Teil von B ausgehenden Spongiosabündel haben einen fast geradlinigen Verlauf. Sie haben die Aufgabe der direkten Druckfortleitung zu den entsprechenden Punkten A und B. Die vom vorderen Teil von B und vom hinteren Teil von A sich abzweigenden Bündel haben einen bogenförmigen Verlauf, und diese beiden Spongiosabündel schneiden sich im Punkte C. Wir haben also wieder einen Spitzbogen, dessen höchster Punkt C ist und dessen Stützpunkte in A und B liegen. Die Aufgaben dieses Bogens sind dieselben wie die beim mittleren Spitzfuß beschriebenen. — Während beim arthrodetischen mittleren Spitzfuß der Hauptbelastungsfaktor noch in Richtung der Längsachse des Vorfußes geht, herrscht bei der Mittelstellung bei der Abwicklung des Fußes der Biegungsfaktor vor. Deswegen reagiert der Knochen auf diesen Reiz wiederum mit einem zweiten Spongiosabogen, dessen größter Teil innerhalb des Vorfußes verläuft. Der Bogen hat wieder zwei Stützpunkte. Der eine Stützpunkt besteht in einer Verdichtung etwa an der Stelle des früheren Talonaviculargelenkes. Von hier zieht

das Spongiosabündel in einem nach oben konvexen Bogen, die articulatio cuneonavicularis überspringend in die ossa cuneïformia, um in die Strukturen einzumünden, welche den Vorfuß in mehr oder weniger geraden Linien durchziehen. Der Bogen findet also seinen zweiten Stützpunkt direkt in dieser Struktur, die rein auf Druck eingestellt ist, und vermittels dieser indirekt in den Metatarsalköpfchen. Die Aufgabe des Bogens ist klar. Er wirkt der Biegungskomponente entgegen, die bestrebt ist, den Fuß in einem zum Fußrücken konkaven Bogen durchzubiegen. Der hier beschriebene Bogen ist kein zusammenhängender, sondern durch das Gelenk getrennt, was die Leistungen des Bogens wohl nicht herabsetzen dürfte. Die Strukturen setzen sich also an den Stellen, wo noch Gelenke vorhanden sind (nämlich im Vorfuß), ebenso fort, wie im arthrodetischen Teil des Fußes („Ganzstrukturen", Benninghof). Man kann wohl behaupten, daß der Bogen ebenso angelegt sein würde, wenn das betreffende Gelenk ankylotisch wäre. Auch die von der Verdichtung A gerade abgehenden Spongiosabälkchen nehmen vom distalen Teil des os naviculare an zum Vorfuß hin einen ganz leichten zum Fußrücken konvexen Verlauf an, ebenfalls eine Vorkehrung, die gegen die Biegungsmomente gerichtet ist. Bei diesem Fuß fällt auf, daß die ganzen Knochenstrukturen mit Ausnahme des zuletzt beschriebenen Bogens auf die beiden Spongiosaverdichtungen A und B eingestellt sind. Hierhin werden alle einwirkenden Kräfte konzentriert, und auf diesen beiden Punkten baut sich das Spongiosasystem des Unterschenkels auf, ähnlich wie eine Brücke auf den Brückenpfannen. Bei der Brücke ist das ganze Trägersystem so gebaut, daß sich die Kraftlinien auf die Pfannen ver-

einigen. Von diesen Brückenpfannen aus nehmen dann die Drucklinien wieder einen divergierenden Verlauf in die Fundamente. Dieselben Verhältnisse liegen hier am Fuße vor.

Sich entsprechend weit auswirkende Veränderungen fand ich ebenfalls nach subtrochanteren Osteotomien bei coxae varae. Hier veränderten sich in verhältnismäßig kurzer Zeit die Strukturen im Schenkelkopf, -hals und -schaft und ebenso in der Pfanne und über ihre angrenzenden Gebiete hinaus. Also überall dort, wo durch einen operativen Eingriff die Belastungsarten geändert werden, treten Strukturveränderungen auf, die eine Fernwirkung haben, d. h. es treten nicht nur in den benachbarten Knochen Veränderungen auf, sondern auch über diese hinaus.

Bei meinen röntgenologischen Untersuchungen stellte ich im Vergleich mit der normalen Knochenstruktur fest, daß die Spongiosa der Knochen an denen ein operativer Eingriff stattgefunden hat, sich von der Spongiosa des normalen Knochens unterscheidet. — Beim normalen Knochen sind die Spongiosabälkchen äußerst zahlreich, sehr dünn, die Linienführung der einzelnen Bälkchen ist genau, die Bälkchen halten die einmal eingeschlagene Richtung ein, bis sie zu ihrem Bestimmungspunkt gelangt sind. An den Knochen, an welchen ein operativer Eingriff stattgefunden hat, ist die Filigranstruktur des normalen Knochens einer mehr groberen Ersatzstruktur, wie ich dieselbe nennen möchte, gewichen. Die einzelnen Bälkchen sind klobiger, dicker, ihre Zahl bedeutend geringer und ihr Verlauf in der Linienführung weniger genau. Hier und da weichen die Bälkchen für ganz kurze Strecken von ihrer Richtung ab, als müßten sie ein Hindernis umgehen, und nehmen dann wieder die Anfangsrichtung

auf. Wollte ich am normalen Fuß die im Röntgenbild projizierten durch den Vorfuß längsverlaufenden Bälkchen zählen, so wäre dieses kaum möglich. An einem arthrodetischen Fuß dagegen ist dies wegen der geringen Zahl und der größeren Dicke der Bälkchen sehr schnell geschehen. Die sogen. Ersatzstruktur unterscheidet sich also im Röntgenbild von der normalen Struktur durch dickere Balken, durch eine geringere Anzahl und durch einen unförmigen Verlauf der Balken.

Um diese Feststellung zu kontrollieren, ließ ich die Tibiae eines Kindes, bei dem aus der einen Tibia zwecks Plastik vor 5 Jahren ein Span entnommen war, unter vollkommen gleichen Bedingungen röntgen. Während die nicht operierte Tibia eine vollkommen normale Struktur zeigt, wies die operierte Tibia an der Stelle der Entnahme des Spans trotz einer Belastungszeit von 5 Jahren eine Struktur auf, die der von mir beschriebenen Ersatzstruktur vollkommen entspricht.

Nach diesen Feststellungen liegt die Annahme sehr nahe, daß die Regenerationskraft des Knochens, was seine Spongiosa angeht, keine vollkommene ist. Vergleiche mit der Spongiosa an entzündlich versteiften Gelenken zeigten noch spärlichere und klobigere Bälkchen, sodaß hier die Regenerationskraft der Bälkchen noch mehr darniederliegt. An Hand von Röntgenbildern über eine unvollkommene Regenerationskraft des Knochens in Hinsicht auf seine Spongiosa zu entscheiden, erscheint mir sehr kühn, jedoch wäre es wünschenswert, wenn an geeigneter Stelle auf Grund dieser Feststellungen pathologisch-anatomische Untersuchungen gemacht würden.

Zusammenfassung.

Die Beschreibung der Knochenstrukturen bei Fußarthrodesen durch temporäre Talusexstirpation hat gezeigt, daß das Spongiosasystem von dem des normalen Fußes vollkommen abweicht. Die einzigen Strukturen, die sich ihrer Richtung nach an den versteiften Füßen mit denen an normalen Füßen vergleichen lassen, sind die, welche in geraden Zügen durch den Vorfuß laufen. Ferner hat das distale Ende der Tibia eine in seinem Spongiosasystem genau dem Fuß entsprechende Umwandlung erfahren. Das ist wieder ein Beweis dafür, daß das Spongiosasystem nicht in einem einzigen Knochen, sondern in mehreren, ja in ganzen Extremitäten eine statische Einheit bildet.

Die Untersuchungen an Fußarthrodesen haben weiter gezeigt, daß dort, wo die Biegungsmomente so stark werden, daß die jedem Knochen eigene Festigkeit gegen diese nicht mehr genügt, der Knochen mit bogenförmigen Strukturen reagiert, deren Aufgabe es ist, die Biegungskräfte abzufangen und in Druckkräfte umzuwandeln. Direkt vermag der Knochen nicht auf Scher- und Biegungskräfte zu reagieren, sondern nur auf die beschriebene indirekte Weise.

Es ist dargelegt worden, daß sich unter gleichen Belastungsverhältnissen auch entsprechende Strukturen bilden, wie der Vergleich mit dem proximalen Ende des Femur gezeigt hat, und daß der Knochen eine dem proximalen Ende des Femur ähnliche Struktur zu schaffen vermag, ohne daß eine ererbte Anlage vorhanden ist.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Direktor Dr. med. Roeren für die freundliche Überlassung des Themas, Herrn Professor Dr. Freiherr von Redwitz für die gütige Übernahme des Referates herzlichst zu danken.

Schrifttum.

Debrunner: Form und Funktion im Knochengewebe. Med. Welt 1936 (S. 363).

Grunewald: Über Beanspruchungsdeformitäten. Zeitschrift für orthop. Chirurgie Bd. 38.

Hackenbroch: Über Veränderungen am Talus nach temporärer Talusexstirpation. Verh. dtsch. orthop. Gesellschaft 1927.

Kochs: Die Arthrodese bei Kinderlähmungen. Verh. dtsch. orthop. Gesellschaft, 1935.

Lange: Über funktionelle Anpassung, ihre Grenzen in ihrer Bedeutung für die Heilkunde. Berlin 1917.

Magnus, G.: Über den Umbau kontrakter und ankylotischer Gelenke. Archiv für Orthopädie und Unfall, Bd. 20.

Müller, Walther: Normale und pathologische Physiologie des Knochens. Leipzig 1927.

— Mechanische Wirkung und funktionelle Beanspruchungen. Zentralbl. für Chirurgie Bd. 28.

Payr: Gelenkstreifen und Gelenkplastik. Berlin 1934.

Roux: Gesetz der Transformation der Knochen. Berliner Klin. Wochenschrift 1893.

Wolff: Über die innere Architektur der Knochen. Virch. Arch. 1870. Bd, 50, S. 889.

— Zur Lehre der funktionellen Pathogenese der Deformitäten. Arch. f. klin. Chir. Bd. 53, Heft 4.

— Gesetz der Transformation der Knochen. Berlin 1892.

— Die Lehre von der funktionellen Knochengestalt. Arch. f. Anat. und Physiol. Bd. 155, S. 256.

Lebenslauf.

Geboren wurde ich, Paul Herbert Voss, am 27. Juni 1910 in Moers als Sohn des im Weltkriege als Hauptmann der Landwehr gefallenen Amtsrichters Karl Voss. Nach vierjährigem Vorschulbesuch absolvierte ich das Gymnasium in Kleve, wo ich im Februar 1931 das Zeugnis der Reife erhielt. Meine beiden ersten Studiensemester verbrachte ich an der Universität in Innsbruck, die übrigen Studiensemester an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn, wo ich im August 1933 die ärztliche Vorprüfung und im Herbst 1936 die ärztliche Prüfung ablegte.